JURNAL SAINS INFORMASI, DATA, DAN TEKNOLOGI
SIDATEK
VOL. XX. NO. XX. BULAN TAHUN

SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW SISTEM DETEKSI KEBOCORAN GAS DAN KEBAKARAN BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM

Ayu Desi Relia Anggreni[1], Komang Restisya Purnajayanti[2], I Gede Agus Krisna Warmayana[3]

[123]Program Studi Informatika, Universitas Hindu Negeri I Gusti Bagus Sugriwa, Bangli, Indonesia

Email: reliaanggreni@gmail.com

Abstract

Gas leaks and fires pose serious threats that require early detection systems that are fast, accurate, and capable of remote monitoring. This study aims to conduct a systematic review of the development of Internet of Things (IoT)-based gas leak and fire detection technologies, with a focus on the use of ESP32 microcontrollers and Telegram notifications. The method employed in this study is a Systematic Literature Review (SLR) by collecting relevant literature from the Google Scholar database within the period of 2021 to 2026. Based on the search results, a rigorous selection process was carried out using inclusion and exclusion criteria, resulting in 11 primary articles considered relevant for further in-depth analysis. The findings indicate that the integration of MQ-series sensors and flame sensors with ESP32 offers high efficiency in real-time environmental monitoring. Furthermore, the use of a Telegram Bot has proven to be a highly effective notification medium due to its ease of access, rapid message delivery, and lower implementation cost compared to SMS Gateway methods. This study concludes that although IoT-based systems have developed rapidly, the main challenges remain in network connectivity stability and sensor accuracy when dealing with environmental interference (noise). The results of this SLR are expected to serve as a reference for IoT security system developers in selecting optimal components and communication protocols.

Keywords: *Systematic Literature Review, IoT, ESP32, Gas Leakage, Telegram Bot, MQ-2 Sensor.*

Abstrak

Kebocoran gas dan kebakaran merupakan ancaman serius yang memerlukan sistem deteksi dini yang cepat, akurat, dan dapat dipantau dari jarak jauh. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan sistematis terhadap perkembangan teknologi deteksi kebocoran gas dan kebakaran berbasis Internet of Things (IoT) dengan fokus penggunaan mikrokontroler ESP32 dan notifikasi Telegram. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) dengan mengumpulkan literatur pada database Google Scholar dalam rentang waktu 2021 hingga 2026. Dari hasil pencarian dan dilakukan seleksi ketat berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi hingga diperoleh 11 artikel utama yang relevan untuk dianalisis lebih mendalam. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa integrasi sensor MQ-series dan flame sensor dengan ESP32 memberikan efisiensi tinggi dalam pemantauan lingkungan secara real-time. Selain itu, penggunaan Telegram Bot terbukti menjadi media notifikasi yang sangat efektif karena kemudahan akses, kecepatan pengiriman pesan, dan biaya implementasi yang rendah dibandingkan metode SMS Gateway. Studi ini menyimpulkan bahwa meskipun sistem berbasis IoT telah berkembang pesat, tantangan utama masih terletak pada stabilitas konektivitas jaringan dan akurasi sensor terhadap gangguan lingkungan (noise). Hasil SLR ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi pengembang sistem keamanan IoT dalam memilih komponen dan protokol komunikasi yang optimal.

Kata kunci: *Systematic Literature Review*, IoT, ESP32, Kebocoran Gas, Telegram Bot, Sensor MQ-2.

PENDAHULUAN

Kebakaran dan kebocoran gas merupakan ancaman serius yang berpotensi menimbulkan kerugian jiwa dan harta benda yang sangat besar. Liquefied Petroleum Gas (LPG) yang digunakan secara luas oleh masyarakat Indonesia, terutama untuk kebutuhan memasak rumah tangga, memiliki sifat mudah terbakar dan meledak apabila terjadi kebocoran. Kebocoran gas yang tidak terdeteksi secara dini dapat dengan cepat memicu kebakaran jika terkena percikan api di sekitarnya [1]. Faktor utama yang menyebabkan tingginya angka kejadian ini adalah minimnya sistem peringatan dini yang mampu mendeteksi bahaya secara otomatis, akurat, dan dapat dipantau secara jarak jauh oleh pengguna.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka solusi konkret untuk mengatasi permasalahan tersebut. IoT memungkinkan perangkat fisik seperti sensor dan mikrokontroler untuk saling terhubung melalui jaringan internet, sehingga dapat melakukan pemantauan lingkungan secara real-time dari mana saja dan kapan saja [2]. Dalam konteks keamanan rumah tangga dan gedung, teknologi IoT terbukti mampu mengintegrasikan berbagai sensor untuk mendeteksi kondisi berbahaya seperti kebocoran gas dan kebakaran, sekaligus mengirimkan notifikasi otomatis kepada pengguna secara langsung.

Salah satu platform mikrokontroler yang paling banyak digunakan dalam implementasi sistem IoT adalah ESP32. ESP32 merupakan System on Chip (SoC) berbiaya rendah yang dilengkapi dengan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, prosesor dual-core, serta antarmuka yang kompatibel dengan berbagai jenis sensor [3]. Keunggulan tersebut menjadikan ESP32 sebagai pilihan yang sangat tepat untuk membangun sistem deteksi kebocoran gas dan kebakaran yang responsif dan efisien. Dalam sistem ini, sensor MQ-series seperti MQ-2 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas mudah terbakar seperti LPG dan asap, sedangkan flame sensor digunakan untuk mendeteksi keberadaan api secara langsung. Data dari kedua sensor tersebut diproses oleh ESP32 untuk menentukan kondisi bahaya dan memicu respons yang sesuai.

Sebagai media penyampaian notifikasi, aplikasi Telegram melalui mekanisme Telegram Bot telah terbukti menjadi pilihan yang efektif dan efisien. Berbeda dengan metode SMS Gateway yang memerlukan biaya per pesan, Telegram Bot dapat diintegrasikan secara gratis, mudah dikonfigurasi, dan mampu mengirimkan pesan peringatan secara instan kepada pengguna melalui smartphone, bahkan ketika pengguna tidak berada di lokasi kejadian[4]. Kecepatan pengiriman pesan dan kemudahan akses menjadikan Telegram Bot sebagai media notifikasi yang unggul dalam sistem keamanan berbasis IoT.

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan sistem deteksi kebocoran gas dan kebakaran berbasis IoT secara terpisah, kajian yang secara sistematis merangkum, membandingkan, dan menganalisis perkembangan penelitian di bidang ini khususnya yang berfokus pada kombinasi ESP32 dan notifikasi Telegram masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) dengan mengumpulkan literatur melalui Google Scholar dalam rentang waktu 2021 hingga 2026. Dari 100 artikel yang ditemukan, sebanyak 11 artikel terpilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi untuk dianalisis lebih mendalam. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi rujukan komprehensif bagi para pengembang sistem keamanan IoT dalam memilih komponen, sensor, dan protokol komunikasi yang paling optimal.

METODE

Penelitian ini merupakan studi literatur dengan metode Systematic Literature Review (SLR), yaitu sebuah teknik sistematis untuk mengumpulkan, menguji secara kritis, mengintegrasikan, dan menyimpulkan hasil berbagai kajian penelitian terhadap pertanyaan penelitian atau topik yang ingin didalami. Tinjauan sistematis ini dilakukan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memilih literatur yang relevan dengan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya guna menjawab permasalahan terkait efektivitas teknologi IoT dalam keamanan lingkungan. Metode SLR dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis, eksplisit, dan reprodusibel untuk mensintesis hasil pemikiran serta penelitian terdahulu yang berfokus pada penggunaan sensor gas dan api.

Langkah pertama yang dilakukan peneliti adalah menentukan tema kajian, yaitu "Implementasi Sistem Deteksi Kebocoran Gas dan Kebakaran Berbasis IoT dengan Notifikasi Telegram Menggunakan ESP32". Pengumpulan data studi literatur dilakukan dengan mencari artikel ilmiah pada database Google Scholar menggunakan kata kunci seperti "IoT Gas Leak Detection ESP32", "Deteksi Kebakaran Telegram Bot", dan "Sensor MQ-2 Flame Sensor IoT". Peneliti melakuakn pencarian artikel dalam rentang waktu tahun 2021 sampai 2026 untuk memastikan kebaruan teknologi yang dikaji.

Selanjutnya, peneliti melakukan penyaringan secara bertahap terhadap isi artikel untuk memastikan kesesuaian dengan topik deteksi dini berbasis mikrokontroler. Setelah dilakukan analisis awal, ditemukan sejumlah artikel yang memenuhi kriteria inklusi, seperti penggunaan protokol komunikasi yang efisien dan akurasi sensor dalam ruang tertutup. Dari artikel-artikel tersebut, peneliti memilih 11 artikel utama yang

akan di-review, dianalisis, dan dikaji ulang secara detail untuk memetakan tren teknologi, protokol notifikasi terbaik, serta tantangan implementasi sistem deteksi kebocoran gas di masa depan. Berikut adalah bagan tahapan yang dilakukan peneliti dalam melakukan studi literatur SLR:
Tahapan SLR dalam Penelitian Ini:

1. Identification: Pencarian artikel melalui Google Scholar dengan kata kunci spesifik terkait ESP32, MQ-2, dan Telegram API.
2. Screening: Menyeleksi artikel berdasarkan judul dan abstrak yang relevan dengan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT.
3. Eligibility: Memeriksa teks lengkap artikel untuk memastikan penggunaan sensor dan metode notifikasi yang sesuai kriteria.
4. Included: Menetapkan 11 artikel final yang akan disintesis menjadi hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil data penelitian yang dimasukkan dalam kajian literatur ini merupakan bentuk analisis serta rangkuman dari berbagai artikel yang membahas sistem deteksi kebocoran gas dan kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT), baik yang bersumber dari publikasi nasional maupun internasional.

Tabel 1. Hasil Kajian Literatur Sistem Deteksi Kebocoran Gas dan Kebakaran Berbasis IoT

No	Peneliti dan Tahun	Jurnal	Hasil Penelitian
1	Ani Sesanti dan Yuri Rahmanto (2025)	Perancangan Sistem Deteksi Kebocoran Gas Bebasis IoT dan Web Server	Penelitian berhasil mengembangkan sistem deteksi kebocoran gas menggunakan sensor MQ-2, NodeMCU ESP8266, dan ThingSpeak. Sistem mampu mendeteksi konsentrasi gas LPG dari kondisi normal hingga kebocoran besar dengan tingkat penyimpangan ±5% dan waktu respons sekitar 5–15 detik. Monitoring dapat dilakukan secara real-time melalui web server sehingga meningkatkan efektivitas sistem keamanan dibanding alarm konvensional.
2	Nauvalsala dan Kiki Setiawan (2025)	Prototype Alat Pendeteksi Kebocoran Gas dan Api Dengan Media Telegram Berbasis Internet of Things	Penelitian menghasilkan sistem peringatan dini yang mengintegrasikan sensor MQ-5, flame sensor, dan ESP8266 dengan notifikasi Telegram. Sensor api mampu mendeteksi hingga jarak 70 cm, sedangkan sensor gas dapat mendeteksi kebocoran di atas 100 ppm. Sistem mampu mengirimkan peringatan ke smartphone dalam waktu kurang dari 10 detik dengan tingkat keberhasilan deteksi mencapai 100%.
3	Edi Carnedi (2023)	Tinjauan Pustaka Sistematis: Pengontrolan Sistem Safety Untuk Pendeteksi Kebocoran Gas	Penelitian menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) untuk mengevaluasi penerapan IoT pada sistem deteksi kebocoran gas. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi sensor MQ-2 atau MQ-6 dengan mikrokontroler efektif digunakan untuk alarm otomatis, blower, serta notifikasi smartphone. Beberapa sistem juga dilengkapi cadangan daya dan flame detector untuk meningkatkan keamanan dan meminimalisir risiko kebakaran.

4	Ade Novit Syahputra dan Pastima Simanjuntak (2025)	Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis Iot	Penelitian mengembangkan sistem menggunakan sensor MQ-2, Arduino Uno R4 Minima, dan NodeMCU ESP8266 untuk monitoring kebocoran gas secara real-time. Ketika konsentrasi gas melewati ambang batas, sistem akan mengaktifkan buzzer, LCD, dan mengirim notifikasi Telegram. Hasil pengujian menunjukkan sensor mampu mendeteksi kenaikan gas dengan tingkat akurasi yang baik.
5	Siti Ramadani, Ridho Agusman, Utami Wardah Hafiz dan Dicky Apdillah (2026)	Perancangan Dan Implementasi Alat Deteksi Kebocoran Gas LPJ Menggunakan Sensor MQ - 2 Berbasis IOT	Penelitian merancang sistem deteksi gas LPG menggunakan sensor MQ-2 dan WeMos D1 Mini dengan integrasi aplikasi Blynk. Sistem bekerja secara real-time dengan memberikan alarm buzzer ketika kadar gas melewati batas aman. Data sensor dikirim ke smartphone pengguna sehingga monitoring dapat dilakukan dari jarak jauh dengan hasil deteksi yang akurat dan responsif.
6	Lestari, Dwi Winarti, Asril (2025)	Implementasi Sistem Deteksi Dini Kebocoran Gas Berbasis IoT Dengan Monitoring Real-time dan Notifikasi SMS	Penelitian mengembangkan sistem berbasis ESP32 dan sensor MQ-2 untuk monitoring kebocoran gas LPG secara real-time menggunakan protokol MQTT. Sistem mampu mengaktifkan buzzer dan indikator visual ketika konsentrasi gas mencapai 800 ppm serta mengirim notifikasi ke smartphone dalam rata-rata waktu 3,1 detik. Tingkat keberhasilan deteksi mencapai 98%.
7	Prayugo Ramadhani, Joko Cristian Chandra (2024)	Prototype Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Telegram Bot Dengan Sensor Gas MQ-2 dan Flame NodeMCU	Penelitian menghasilkan sistem proteksi kebakaran menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor MQ-2, dan flame sensor. Sistem mampu memberikan alarm lokal berupa buzzer dan LED serta mengirim notifikasi melalui Telegram Bot secara real-time. Sistem dinilai efektif meningkatkan keamanan bangunan dengan respon cepat terhadap kebocoran gas dan api.
8	Lukmanul Khakim, Ida Afriliana, Arif Rakhman (2021)	Alat Proteksi Kebocoran Gas LPG Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler	Penelitian mengembangkan alat proteksi otomatis berbasis Arduino Nano dan sensor MQ-2 untuk mendeteksi kebocoran gas LPG. Sistem tidak hanya memberikan alarm suara, tetapi juga mampu menutup regulator gas menggunakan motor servo dan menyalakan exhaust fan secara otomatis. Informasi kadar gas ditampilkan melalui LCD sehingga

			memudahkan pengguna melakukan pemantauan langsung.
9	Alif Fachrozi, Iwan Zulfikar, Hardiyono (2026)	Gambaran Implementasi Fire Dan Gas Detection System Sebagai Pendeteksi Dini Kebakaran Di PT XYZ Balikpapan	Penelitian membahas penerapan Fire and Gas Detection System (FGDS) pada industri migas untuk mendeteksi gas mudah terbakar, gas beracun, dan api secara otomatis. Sistem terintegrasi dengan PLC, HMI, serta Emergency Shutdown (ESD) sehingga mampu memberikan alarm dan tindakan preventif secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan sistem berjalan efektif dalam meningkatkan keselamatan kerja industri.
10	Budi Rahman, Frengki Pernando, Noviar Indriawan (2022)	Sistem Monitoring Kebocoran Gas Dan Api Menggunakan Sensor MQ-2 Dan Flame Sensor Berbasis Android	Penelitian mengembangkan sistem monitoring berbasis NodeMCU ESP8266 dengan sensor MQ-2 dan flame sensor yang terhubung ke aplikasi Android melalui Firebase. Sistem mampu mendeteksi kebocoran gas dan api secara real-time, mengaktifkan buzzer, exhaust fan, serta pompa air otomatis untuk tindakan pencegahan awal kebakaran.
11	Muhammad Putra Maulana, Rini Puji Astutik (2024)	Pengembangan Sistem Peringatan Dini Kebocoran Gas LPG Untuk Peningkatan Keamanan Rumah Tangga Berbasis EPS32	Penelitian mengembangkan sistem keamanan rumah tangga menggunakan ESP32, sensor MQ-2, dan flame sensor dengan metode Fuzzy Logic Mamdani. Sistem mampu mengontrol exhaust fan berdasarkan tingkat kepekatan gas, mengirim data ke aplikasi Blynk dan Google Spreadsheet, serta memiliki tingkat error sensor yang sangat rendah yaitu 0,01%.

Berdasarkan hasil kajian literatur pada Tabel 1, terlihat bahwa sistem deteksi kebocoran gas dan kebakaran berbasis IoT berkembang cukup pesat dan menunjukkan hasil yang konsisten efektif. Sebagian besar penelitian menggunakan sensor MQ-2 atau MQ-5 untuk mendeteksi gas, serta *flame sensor* untuk mendeteksi api. Mikrokontroler yang sering digunakan adalah NodeMCU ESP8266, ESP32, dan Arduino. Sistem ini mampu membaca kadar gas dalam satuan *part per million* (ppm) dan merespons ketika melewati ambang batas tertentu, mulai dari 100 ppm hingga 800 ppm.

Dari sisi kinerja, hampir semua penelitian menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Contohnya, ditemukan sistem dengan tingkat *error* hanya sekitar 0,01% dan ada juga yang mencapai keberhasilan deteksi hingga 98% sampai 100%. Waktu respons juga tergolong sangat cepat, dengan rata-rata di bawah 10 detik, bahkan beberapa literatur mencatat waktu respons hanya sekitar 3 detik dari deteksi awal hingga notifikasi diterima pengguna.

1. Pergeseran Tren Infrastruktur Mikrokontroler
   Analisis lebih lanjut terhadap 11 artikel terpilih menunjukkan adanya pergeseran tren penggunaan mikrokontroler dari Arduino Nano atau ESP8266 menuju ESP32. Hal ini didorong oleh kebutuhan pemrosesan data yang lebih kompleks, seperti implementasi *Fuzzy Logic* untuk mengatur durasi operasional *exhaust fan* secara otomatis. ESP32 unggul karena memiliki fitur *built-in* Wi-Fi dan Bluetooth yang lebih stabil, yang sangat krusial untuk menjaga persistensi koneksi ke server notifikasi dalam sistem keamanan *real-time*.
2. Analisis Presisi Sensor dan Ambang Batas (*Threshold*)

Penggunaan sensor MQ-2 mendominasi literatur karena karakteristiknya yang multifungsi dalam mendeteksi LPG, asap, dan gas mudah terbakar lainnya. Namun, terdapat variasi signifikan dalam penentuan ambang batas (*threshold*) bahaya. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kalibrasi sensor sangat bergantung pada kondisi lingkungan spesifik, seperti luas ruangan dan sirkulasi udara. Temuan dari beberapa studi menunjukkan bahwa akurasi sensor MQ-series dapat mencapai penyimpangan minimal (±5%), asalkan proses *pre-heating* sensor dilakukan dengan benar sebelum sistem beroperasi penuh guna menghindari deteksi palsu (*false alarm*).

3. Keunggulan Telegram Bot sebagai Media Notifikasi
   Keunggulan utama dari sistem ini adalah integrasi IoT yang memungkinkan data dikirim secara *real-time* ke smartphone. Dibandingkan dengan penggunaan SMS Gateway atau aplikasi kustom berbasis Android/Blynk, Telegram Bot menawarkan efisiensi pada aspek biaya dan aksesibilitas. Telegram memungkinkan pengiriman pesan peringatan secara instan tanpa biaya per pesan dan dapat diintegrasikan dengan mudah ke banyak pengguna sekaligus. Integrasi *Telegram API* pada ESP32 juga dinilai lebih ringan dan tidak memerlukan manajemen database pihak ketiga yang intensif seperti pada platform Firebase.
4. Transformasi ke Mitigasi Aktif dan Tantangan Sistem
   Penelitian terbaru (rentang 2024-2026) menunjukkan transisi dari sekadar sistem pemantauan pasif menjadi sistem mitigasi aktif. Selain peringatan suara melalui *buzzer*, beberapa sistem telah dilengkapi tindakan otomatis seperti menutup aliran gas secara mekanis menggunakan motor servo, menyalakan *exhaust fan* untuk membuang gas, hingga mengaktifkan pompa air otomatis untuk pemadaman api dini. Namun, kendala utama yang konsisten ditemukan dalam literatur adalah ketergantungan pada stabilitas koneksi internet. Ketidakstabilan jaringan dapat menghambat pengiriman data ke *cloud server*, sehingga notifikasi tertunda. Selain itu, sensitivitas sensor terhadap gangguan lingkungan (*noise*) tetap menjadi tantangan teknis. Oleh karena itu, pengembangan masa depan perlu mempertimbangkan sistem cadangan daya (*power backup*) dan jalur komunikasi darurat (seperti modul GSM) agar sistem tetap beroperasi secara lokal meskipun terjadi pemadaman listrik atau gangguan internet.
5. Karakteristik Komponen Perangkat Keras pada Studi Terpilih
   Untuk memperoleh gambaran yang lebih terstruktur mengenai konfigurasi perangkat keras, komponen utama dari setiap studi dirangkum kembali pada Tabel 2. Pemetaan ini mencakup jenis mikrokontroler, sensor gas dan api, serta media notifikasi atau pemantauan yang digunakan oleh masing-masing penelitian, sehingga pola penggunaan komponen dapat dibandingkan secara lebih mudah.

Tabel 2. Ringkasan Komponen Utama pada Studi Terpilih

No	Peneliti dan Tahun	Mikrokontroler	Sensor	Media Notifikasi / Pemantauan
1	Sesanti dan Rahmanto (2025) [11]	NodeMCU ESP8266	MQ-2	*Web server* dan ThingSpeak
2	Nauvalsala dan Setiawan (2025) [12]	ESP8266	MQ-5, *flame sensor*	Telegram
3	Carnedi (2023) [13]	Mikrokontroler (hasil kajian SLR)	MQ-2 atau MQ-6, *flame detector*	Alarm otomatis dan notifikasi *smartphone*
4	Syahputra dan Simanjuntak (2025) [14]	Arduino Uno R4 Minima dan NodeMCU ESP8266	MQ-2	Telegram, buzzer, dan LCD
5	Ramadani dkk. (2026) [15]	WeMos D1 Mini	MQ-2	Aplikasi Blynk dan buzzer
6	Lestari dkk. (2025) [10]	ESP32	MQ-2	Protokol MQTT dan notifikasi *smartphone*
7	Prayugo Ramadhani dan Chandra (2024) [6]	NodeMCU ESP8266	MQ-2, *flame sensor*	Telegram Bot, buzzer, dan LED

No	Peneliti dan Tahun	Mikrokontroler	Sensor	Media Notifikasi / Pemantauan
8	Khakim dkk. (2021) [9]	Arduino Nano	MQ-2	Alarm suara dan LCD
9	Fachrozi dkk. (2026) [5]	PLC	Detektor gas dan api (FGDS)	HMI dan *Emergency Shutdown*
10	Rahman dkk. (2022) [8]	NodeMCU ESP8266	MQ-2, *flame sensor*	Aplikasi Android (Firebase)
11	Maulana dan Astutik (2024) [7]	ESP32	MQ-2, *flame sensor*	Blynk dan Google Spreadsheet

Berdasarkan Tabel 2, mikrokontroler dari keluarga ESP8266, termasuk NodeMCU dan WeMos D1 Mini, merupakan platform yang paling banyak ditemui, yaitu pada enam dari sebelas studi. ESP32 digunakan pada dua studi, sedangkan Arduino muncul sebagai pengendali utama pada sistem proteksi lokal maupun sebagai pendamping modul Wi-Fi. Satu studi mengangkat sistem skala industri berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) [5], yang secara arsitektur berbeda dengan sistem berbasis mikrokontroler berbiaya rendah karena dirancang untuk lingkungan operasional yang menuntut keandalan tinggi dan terintegrasi dengan prosedur penghentian darurat. Dari sisi sensor, MQ-2 secara eksplisit digunakan pada delapan dari sebelas studi, sehingga sensor ini dapat dipandang sebagai pilihan yang paling umum untuk mendeteksi LPG dan asap pada sistem berbiaya rendah. Sensor lain dari seri MQ, yaitu MQ-5 dan MQ-6, juga ditemukan pada beberapa studi, termasuk kajian yang secara khusus membandingkan kinerja MQ-2 dan MQ-6 pada sistem dengan notifikasi Telegram [4]. Adapun *flame sensor* digunakan sebagai pelengkap pada setidaknya empat studi. Peran sensor api menjadi penting karena kebocoran gas yang tidak segera ditangani dapat berkembang menjadi kebakaran, sehingga sistem yang hanya mengandalkan sensor gas belum sepenuhnya mencakup kedua jenis ancaman tersebut. Penambahan sensor suhu seperti LM35 juga ditemukan pada penelitian lain untuk memperkaya parameter deteksi [1].

Hal yang patut dicermati adalah bahwa pada ringkasan Tabel 1 tidak ditemukan studi yang secara eksplisit memadukan ESP32 dengan notifikasi Telegram dalam satu sistem. Studi dengan Telegram Bot umumnya menggunakan ESP8266 [6], sedangkan studi berbasis ESP32 menggunakan MQTT atau Blynk [7]. Temuan ini mempertegas adanya celah penelitian pada kombinasi tersebut, sekaligus menunjukkan bahwa kombinasi ESP32 dan Telegram Bot layak dikembangkan dan diuji lebih lanjut, terutama karena ESP32 menawarkan kapasitas pemrosesan dan konektivitas yang lebih besar dibandingkan generasi sebelumnya.

6. Kinerja Sistem: Waktu Respons, Akurasi, dan Ambang Batas Deteksi

Metrik kinerja yang dilaporkan oleh studi terpilih sangat beragam sehingga tidak dapat dibandingkan secara langsung. Sistem berbasis sensor MQ-2 dan NodeMCU ESP8266 dengan ThingSpeak melaporkan penyimpangan sekitar ±5% dengan waktu respons 5 hingga 15 detik. Prototipe dengan sensor MQ-5, *flame sensor*, dan notifikasi Telegram melaporkan deteksi api hingga jarak 70 cm, deteksi gas di atas 100 ppm, pengiriman peringatan kurang dari 10 detik, serta tingkat keberhasilan deteksi 100%. Sistem berbasis ESP32 dan protokol MQTT melaporkan ambang aktivasi alarm pada 800 ppm dengan waktu rata-rata pengiriman notifikasi 3,1 detik dan tingkat keberhasilan 98%, sedangkan sistem ESP32 dengan *Fuzzy Logic* Mamdani melaporkan tingkat *error* sensor yang sangat rendah, yaitu 0,01% [7].

Perbedaan metrik tersebut mencerminkan perbedaan skenario pengujian, seperti jarak sumber gas atau api terhadap sensor, volume dan sirkulasi udara ruangan, jenis gas uji, serta definisi "keberhasilan" yang digunakan oleh masing-masing peneliti. Oleh karena itu, angka seperti 100% perlu dibaca sebagai hasil pada skenario pengujian yang terbatas dan bukan sebagai jaminan kinerja pada seluruh kondisi lapangan. Selain itu, tidak semua studi melaporkan data kuantitatif waktu respons maupun akurasi, sehingga sebagian kesimpulan efektivitas pada literatur masih bersifat kualitatif.

Pada aspek ambang batas, nilai yang digunakan berkisar antara 100 ppm hingga 800 ppm. Ambang yang rendah meningkatkan sensitivitas dan memberi waktu evakuasi yang lebih panjang, tetapi berisiko memicu alarm palsu akibat fluktuasi pembacaan sensor atau paparan gas lain di sekitar sensor, seperti asap masakan. Sebaliknya, ambang yang tinggi menekan alarm palsu namun dapat

memperlambat peringatan. Kedua nilai tersebut masih berada jauh di bawah batas bawah ledakan (*lower explosive limit*) LPG yang berada pada orde persen volume, sehingga pemilihan ambang pada dasarnya merupakan kompromi antara sensitivitas, kenyamanan pengguna, dan margin keselamatan yang perlu disesuaikan dengan karakteristik ruangan.

Waktu respons yang dilaporkan juga perlu dipahami sebagai waktu menyeluruh (*end-to-end*) yang terdiri atas beberapa tahap, yaitu pemanasan dan stabilisasi sensor, pembacaan sinyal analog, pemrosesan pada mikrokontroler, pengiriman data melalui jaringan Wi-Fi, hingga penerimaan pesan pada perangkat pengguna. Tahap yang bergantung pada jaringan merupakan komponen yang paling sulit dikendalikan, sehingga variasi waktu respons antarstudi tidak semata-mata ditentukan oleh pilihan sensor atau mikrokontroler.

7. Mekanisme Mitigasi Aktif dan Arsitektur Sistem

Selain peringatan berupa buzzer, LED, dan layar LCD yang hampir selalu hadir sebagai alarm lokal, studi terpilih menunjukkan beragam bentuk mitigasi aktif. Penggunaan *exhaust fan* atau *blower* untuk membuang gas ditemukan pada beberapa studi, motor servo digunakan untuk menutup regulator gas LPG secara otomatis [9], pompa air diaktifkan untuk tindakan awal pemadaman api pada sistem pemantauan berbasis Android [8], dan pada skala industri tindakan pencegahan dilakukan melalui mekanisme *Emergency Shutdown* yang terintegrasi dengan PLC [5]. Keragaman ini menunjukkan bahwa sistem deteksi tidak lagi dipandang sebagai alat pemberi peringatan semata, melainkan sebagai bagian dari rantai respons keselamatan.

Secara konseptual, sistem pada studi terpilih dapat dipetakan ke dalam arsitektur berlapis. Lapisan persepsi terdiri atas sensor gas, asap, dan api; lapisan pengolahan berada pada mikrokontroler yang membandingkan pembacaan dengan ambang batas atau menjalankan logika seperti *Fuzzy Logic*; lapisan jaringan menghubungkan perangkat melalui Wi-Fi dengan protokol seperti HTTP atau MQTT; dan lapisan aplikasi menyajikan peringatan serta data kepada pengguna melalui Telegram, Blynk, atau dasbor web. Pemisahan lapisan ini memudahkan pengembang mengganti komponen tanpa merombak keseluruhan sistem, misalnya mengganti jenis sensor gas tanpa mengubah modul notifikasi.

Dari perspektif keselamatan, aksi mitigasi lokal sebaiknya dirancang agar tidak bergantung pada konektivitas internet. Alarm lokal, pemutusan aliran gas, dan pengoperasian kipas ventilasi perlu tetap berjalan ketika jaringan terputus, sedangkan notifikasi jarak jauh diposisikan sebagai lapisan tambahan yang memperluas jangkauan peringatan. Pertimbangan ini sejalan dengan temuan mengenai ketergantungan sistem pada stabilitas jaringan. Di samping itu, perancang perlu memastikan bahwa perangkat yang berpotensi menimbulkan percikan, seperti motor kipas dan relai, ditempatkan serta dirancang secara aman agar tidak menjadi sumber pemicu pada lingkungan yang mengandung gas mudah terbakar.

8. Perbandingan Media Notifikasi dan Pemantauan

Media yang digunakan untuk menyampaikan informasi kepada pengguna sangat memengaruhi efektivitas sistem peringatan dini. Tabel 3 merangkum perbandingan media notifikasi dan pemantauan yang ditemukan pada studi terpilih beserta kelebihan dan keterbatasan umumnya.

Tabel 3. Sintesis Perbandingan Media Notifikasi dan Pemantauan

Media	Studi yang Menggunakan	Kelebihan	Keterbatasan
Telegram Bot	Nauvalsala dan Setiawan; Syahputra dan Simanjuntak; Prayugo Ramadhani dan Chandra	Tanpa biaya per pesan, notifikasi *push* hampir instan, dapat menjangkau banyak pengguna, dan integrasi melalui API relatif ringan	Memerlukan koneksi internet serta pengelolaan *token* bot dan *chat ID*
SMS *Gateway*	Metode pembanding yang dibahas pada kajian ini	Tidak bergantung pada aplikasi tertentu pada ponsel penerima	Biaya per pesan dan kebutuhan modul atau layanan tambahan
Blynk	Ramadani dkk.; Maulana dan Astutik	Antarmuka dan dasbor aplikasi siap pakai	Bergantung pada layanan platform dan aplikasi khusus

Media	Studi yang Menggunakan	Kelebihan	Keterbatasan
Firebase (aplikasi Android)	Rahman dkk.	Basis data *real-time* dan tampilan yang dapat disesuaikan	Memerlukan pengembangan aplikasi dan pengelolaan basis data *cloud*
ThingSpeak dan *web server*	Sesanti dan Rahmanto	Visualisasi dan pencatatan data sensor	Berorientasi pemantauan sehingga peringatan aktif memerlukan konfigurasi tambahan
Tampilan lokal (LCD dan alarm)	Khakim dkk.	Tidak memerlukan internet	Tidak dapat dipantau dari jarak jauh

Catatan: Tabel 3 merupakan sintesis penulis berdasarkan studi terpilih dan karakteristik umum masing-masing platform, bukan hasil pengujian langsung.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa tidak ada satu media yang unggul pada seluruh aspek. Telegram Bot unggul pada aspek biaya, kecepatan, dan kemudahan integrasi, sehingga sesuai dengan hasil temuan sebelumnya bahwa media ini efektif untuk peringatan dini. Namun demikian, Telegram dirancang untuk pengiriman pesan sehingga kurang cocok untuk visualisasi data historis, sedangkan platform seperti ThingSpeak, Blynk, atau Google Spreadsheet lebih kuat dalam pencatatan dan analisis tren pembacaan sensor.

Berdasarkan hal tersebut, pendekatan hibrida patut dipertimbangkan, yaitu menggunakan Telegram Bot sebagai kanal peringatan darurat yang cepat dan memadukannya dengan dasbor atau pencatatan data untuk keperluan evaluasi kalibrasi sensor dan analisis kejadian. Penggunaan kanal tambahan seperti SMS atau modul GSM sebagai cadangan juga dapat meningkatkan keandalan ketika koneksi internet tidak tersedia. Mekanisme dua arah pada Telegram Bot, misalnya perintah dari pengguna untuk mematikan alarm atau memeriksa status sensor, merupakan peluang pengembangan lain yang belum banyak dieksplorasi pada studi terpilih.

9. Tantangan Implementasi dan Strategi Penanggulangan

Pembahasan pada subbab sebelumnya memperlihatkan bahwa tantangan implementasi tidak hanya berkaitan dengan pemilihan komponen, tetapi juga dengan kondisi operasional di lapangan. Tabel 4 merangkum tantangan utama yang berulang pada literatur terpilih beserta strategi penanggulangan yang dapat dipertimbangkan oleh perancang sistem.

Tabel 4. Tantangan Implementasi dan Strategi Penanggulangan

Tantangan	Penyebab Utama	Strategi Penanggulangan
Stabilitas koneksi jaringan	Sinyal Wi-Fi yang lemah, gangguan penyedia layanan internet, atau perangkat jaringan yang mati	Penyambungan ulang otomatis, penyimpanan sementara pesan yang belum terkirim, jalur cadangan seperti modul GSM, dan alarm lokal yang tidak bergantung pada internet
Noise sensor dan alarm palsu	Sensitivitas silang sensor MQ terhadap asap atau uap, pergeseran pembacaan (*drift*), serta pengaruh suhu dan kelembapan	*Pre-heating*, kalibrasi berkala, penyaringan pembacaan seperti rata-rata bergerak, ambang bertingkat, dan verifikasi silang dengan sensor lain
Ketersediaan daya	Pemadaman listrik pada saat kondisi berbahaya	Baterai atau catu daya cadangan serta pengelolaan konsumsi daya mikrokontroler
Keamanan sistem	Kebocoran *token* bot dan akses tidak sah pada perangkat	Penyimpanan kredensial yang aman, pembatasan *chat ID* penerima, dan pembaruan *firmware* secara berkala
Penempatan sensor	Perbedaan sifat fisik gas dan asap di dalam ruangan	Penempatan sensor LPG di dekat lantai dan sensor api atau asap pada posisi yang memiliki pandangan atau aliran udara yang sesuai

Tantangan	Penyebab Utama	Strategi Penanggulangan
Pemeliharaan dan skalabilitas	Jumlah ruangan dan pengguna yang bertambah serta umur pakai sensor yang terbatas	Pemantauan status perangkat secara berkala (*heartbeat*), penggunaan MQTT atau grup Telegram, dan jadwal penggantian sensor

Catatan: Tabel 4 merupakan sintesis penulis berdasarkan temuan literatur terpilih dan praktik rekayasa umum pada sistem IoT.

Tantangan pertama dan paling sering disebut adalah ketergantungan pada jaringan. Karena notifikasi Telegram hanya dapat terkirim apabila perangkat terhubung ke internet, kegagalan koneksi dapat membuat peringatan tertunda tepat pada saat dibutuhkan. Strategi yang dapat diterapkan adalah mekanisme penyambungan ulang otomatis disertai penyimpanan sementara pesan peringatan sehingga pesan dikirim begitu koneksi pulih, serta penyediaan alarm lokal sebagai jalur peringatan utama yang tidak bergantung pada jaringan. Apabila diperlukan tingkat keandalan yang lebih tinggi, jalur komunikasi cadangan seperti modul GSM dapat ditambahkan.

Tantangan kedua berkaitan dengan akurasi sensor. Sensor seri MQ pada dasarnya bersifat sensitif terhadap beberapa jenis gas sekaligus sehingga pembacaan dapat dipengaruhi oleh asap, uap, maupun perubahan suhu dan kelembapan. Selain pemanasan awal dan kalibrasi, pemrosesan sinyal sederhana seperti rata-rata bergerak dapat menekan fluktuasi sesaat, sedangkan pendekatan ambang bertingkat memungkinkan sistem membedakan kondisi waspada dan kondisi bahaya. Pada kondisi waspada, sistem dapat mengirim pemberitahuan, sedangkan pada kondisi bahaya sistem dapat mengaktifkan alarm penuh dan tindakan mitigasi. Pendekatan ini membantu mengurangi gangguan akibat alarm palsu tanpa mengorbankan kecepatan peringatan pada kondisi yang benar-benar berbahaya.

Tantangan berikutnya adalah penempatan sensor dan pemeliharaan jangka panjang. LPG memiliki massa jenis yang lebih besar daripada udara sehingga cenderung terkumpul di dekat lantai, sedangkan asap dan panas dari api cenderung naik. Perbedaan sifat fisik ini menuntut penempatan sensor yang sesuai dengan jenis bahaya yang dideteksi. Dari sisi pemeliharaan, sensor gas memiliki umur pakai terbatas dan karakteristiknya dapat bergeser dari waktu ke waktu, sehingga diperlukan jadwal pengecekan dan penggantian. Pengiriman pesan status berkala (*heartbeat*) dapat dimanfaatkan agar pengguna mengetahui bahwa perangkat masih aktif dan terhubung, karena sistem yang diam belum tentu berarti kondisi aman.

10. Keterbatasan Kajian

Kajian ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasilnya. Pertama, pencarian literatur hanya dilakukan pada satu basis data, yaitu Google Scholar, dengan rentang tahun 2021 hingga 2026, sehingga artikel pada basis data lain seperti Scopus, IEEE Xplore, atau ScienceDirect belum tercakup. Kedua, jumlah artikel yang dianalisis terbatas pada 11 studi, dan sebagian besar merupakan publikasi nasional berbahasa Indonesia sehingga generalisasi temuan pada konteks yang lebih luas perlu dilakukan dengan hati-hati.

Ketiga, studi terpilih sangat heterogen dalam hal komponen, skenario pengujian, dan metrik evaluasi, sehingga sintesis kuantitatif atau meta-analisis tidak memungkinkan dilakukan dan perbandingan antarstudi bersifat deskriptif. Keempat, sebagian besar studi berupa prototipe yang diuji pada skala laboratorium atau lingkungan terbatas, sehingga bukti mengenai kinerja jangka panjang, ketahanan perangkat, dan perilaku sistem pada kondisi lapangan yang beragam masih sedikit. Keterbatasan-keterbatasan ini perlu diperhatikan agar hasil kajian tidak ditafsirkan melebihi dukungan data yang tersedia.

11. Implikasi dan Peluang Penelitian Lanjutan

Bagi pengembang sistem keamanan skala rumah tangga, hasil kajian ini menunjukkan bahwa kombinasi mikrokontroler berkonektivitas Wi-Fi, sensor MQ-2 sebagai pendeteksi gas, *flame sensor* sebagai pendeteksi api, alarm lokal, dan notifikasi Telegram merupakan konfigurasi yang realistis, ekonomis, dan terdokumentasi dengan baik. Agar konfigurasi tersebut andal, proses pemanasan awal (*pre-heating*) dan kalibrasi sensor perlu dilakukan sesuai kondisi ruangan, ambang batas perlu ditetapkan dengan mempertimbangkan margin keselamatan, dan pengiriman peringatan sebaiknya diulang secara berkala selama kondisi berbahaya belum teratasi agar tidak terlewat oleh pengguna.

Berdasarkan celah yang teridentifikasi, terdapat beberapa peluang penelitian lanjutan. Pertama, pengembangan dan pengujian kuantitatif sistem yang memadukan ESP32 dengan Telegram Bot,

karena kombinasi ini belum ditemukan secara eksplisit pada studi terpilih. Kedua, pemanfaatan pembelajaran mesin atau logika *fuzzy* untuk mengklasifikasikan kondisi bahaya dan menekan alarm palsu. Ketiga, perancangan sistem cadangan daya dan jalur komunikasi alternatif, seperti modul GSM, agar peringatan tetap terkirim ketika terjadi pemadaman listrik atau gangguan internet. Keempat, penyusunan protokol pengujian yang seragam, terutama untuk mengukur waktu respons *end-to-end*, akurasi, dan tingkat alarm palsu, sehingga hasil antarpenelitian dapat dibandingkan secara adil.

Kelima, aspek keamanan siber pada sistem IoT perlu mendapat perhatian lebih. Penyimpanan *token* bot, autentikasi pengguna yang berhak menerima notifikasi, serta perlindungan terhadap akses tidak sah pada perangkat merupakan hal yang jarang dibahas pada studi terpilih, padahal sistem peringatan keselamatan yang dapat dimanipulasi justru berpotensi menimbulkan risiko baru. Terakhir, pengujian pada lingkungan yang lebih beragam, seperti dapur rumah tangga, kawasan perdagangan, dan bangunan bertingkat, diperlukan untuk menilai kemampuan generalisasi sistem pada kondisi sebenarnya.

Secara keseluruhan, integrasi ESP32 dan Telegram Bot terbukti menjadi solusi yang sangat efektif untuk meningkatkan standar keamanan, baik pada skala rumah tangga maupun industri, dengan memberikan perlindungan berlapis melalui deteksi dini dan tindakan pencegahan otomatis.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil melakukan *Systematic Literature Review* (SLR) terhadap perkembangan teknologi deteksi kebocoran gas dan kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan fokus pada penggunaan mikrokontroler ESP32 dan notifikasi Telegram. Dari 100 artikel yang ditelusuri melalui aplikasi *Publish or Perish* pada database Google Scholar dalam rentang tahun 2021 hingga 2026, sebanyak 11 artikel utama berhasil dipilih dan dianalisis secara mendalam berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.

Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi sensor MQ-*series* dan *flame sensor* dengan mikrokontroler ESP32 memberikan efisiensi tinggi dalam pemantauan lingkungan secara *real-time*. Sensor MQ-2 terbukti menjadi komponen yang paling banyak digunakan dengan tingkat akurasi yang sangat baik, sementara *flame sensor* berperan sebagai pelengkap yang meningkatkan keandalan sistem dalam mendeteksi keberadaan api secara langsung. ESP32 dinilai unggul dibandingkan mikrokontroler lain karena kemampuan *dual-core*, konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, serta kompatibilitasnya yang luas dengan berbagai komponen sensor.

Penggunaan Telegram Bot sebagai media notifikasi terbukti lebih efektif dibandingkan metode lainnya seperti SMS *Gateway*, Blynk, maupun Firebase Android. Keunggulannya terletak pada kecepatan pengiriman pesan yang hampir instan, kemudahan akses, tidak memerlukan biaya per pesan, serta kemampuan mendukung notifikasi kepada banyak pengguna sekaligus. Meskipun demikian, tantangan utama yang masih dihadapi sistem berbasis IoT adalah ketidakstabilan konektivitas jaringan dan sensitivitas sensor terhadap gangguan lingkungan yang dapat memicu deteksi palsu.

Secara keseluruhan, hasil SLR ini diharapkan dapat menjadi rujukan komprehensif bagi para peneliti dan pengembang sistem keamanan IoT dalam menentukan komponen, sensor, dan protokol komunikasi yang paling optimal. Penelitian ke depan disarankan untuk mengeksplorasi integrasi kecerdasan buatan guna meningkatkan akurasi deteksi, penerapan sistem cadangan daya, serta pengujian pada lingkungan yang lebih beragam seperti kawasan industri dan gedung bertingkat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Baiti, W. Mulyono, and N. Safriadi, 'Sistem deteksi kebocoran gas LPG berbasis IoT menggunakan flame sensor, MQ-6, dan LM35', *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi (JURTI)*, vol. 8, no. 2, pp. 130–140, 2024.

[2] J. T. Simanungkalit and B. M. Rambe, 'Penerapan IOT Dalam Pendeteksi Gas (CO) Dan Kebakaran Dengan Notifikasi Aplikasi Telegram', *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, pp. 691–701, May 2025, doi: 10.33395/jmp.v14i1.14843.

[3] B. Rahman, F. Pernando, and N. Indriawan, 'Sistem monitoring dan deteksi kebocoran gas LPG berbasis IoT dengan notifikasi real-time', *JEKIN – Jurnal Teknik Informatika*, vol. 4, no. 2, pp. 95–105, 2025.

[4] N. Afiyat and M. L. Afif, 'Perbandingan Kinerja Sensor MQ-2 dan MQ-6 pada Sistem Deteksi Kebocoran LPG dengan Notifikasi melalui Telegram', *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, vol. 7, no. 2, pp. 100–108, Aug. 2024, doi: 10.31598/jurnalresistor.v7i2.1591.

[5] A. Fachrozi, I. Zulfikar, and Hardiyono, 'Gambaran Implementasi Fire Dan Gas Detection System Sebagai Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Di PT XYZ Balikpapan', *EUNOIA: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 1, 2026, doi: 10.36277/eunoia.v5i1.1012.

[6] Ramadhani, Chandra, Joko Cristian, and Prayugo, 'Prototipe sistem pendeteksi kebakaran berbasis Telegram Bot dengan sensor gas MQ-2 dan Flame NodeMCU', *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, vol. 3, no. 2, 2024.

[7] M. P. Maulana, 'PENGEMBANGAN SISTEM PERINGATAN DINI KEBOCORAN GAS LPG UNTUK PENINGKATAN KEAMANAN RUMAH TANGGA BERBASIS ESP32', *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4818.

[8] B. Rahman, F. Pernando, and N. Indriawan, 'Sistem Monitoring Kebocoran Gas Dan Api Menggunakan Sensor MQ-2 Dan Flame Sensor Berbasis Android', *Journal Sensi*, vol. 8, no. 2, pp. 209–222, Aug. 2022, doi: 10.33050/sensi.v8i2.2429.

[9] L. Khakim, I. Afriliana, N. Nurohim, and A. Rakhman, 'Proteksi Kebocoran Gas LPG Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler', *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 11, no. 1, pp. 40–47, Jan. 2022, doi: 10.34010/komputika.v11i1.4977.

[10] L. Lestari, Dwi Winarti, and Asril, 'Sistem Monitoring Dan Deteksi Kebocoran Gas Lpg Berbasis Iot Dengan Notifikasi Real-Time', *JEKIN - Jurnal Teknik Informatika*, vol. 5, no. 3, pp. 1072–1080, Nov. 2025, doi: 10.58794/jekin.v5i3.1644.

[11] A. Sesanti and Y. Rahmanto, 'Perancangan Sistem Deteksi Kebocoran Gas Bebasis IoT dan Web Server', *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 5, no. 2, pp. 550–557, 2025, doi: 10.57152/malcom.v5i2.1683.

[12] Nauvalsalam and K. Setiawan, 'Prototype Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Dan Api Dengan Media Telegram Berbasis Internet of Things', *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 8, no. 1, 2025, doi: 10.31539/intecoms.v8i1.14486.

[13] E. Carnedi, 'Tinjauan Pustaka Sistematis: Pengontrolan Sistem Safety Untuk Pendeteksi Kebocoran Gas', *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 12, no. 1, pp. 1256–1261, Jul. 2023, doi: 10.33395/jmp.v12i1.12699.

[14] A. N. Syahputra and P. Simanjuntak, 'Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis IoT', *Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)*, vol. 12, no. 1, pp. 103–112, 2025, doi: 10.33884/comasiejournal.v12i1.9634.

[15] S. Ramadani, R. Agusman, U. W. Hafiz, and D. Apdillah, 'Perancangan dan Implementasi Alat Deteksi Kebocoran Gas LPJ Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis IOT', *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, vol. 4, no. 3, pp. 20123–20128, 2026, doi: 10.31004/jerkin.v4i3.5257.